

## *Ueber die bakteriellen Erkrankungen bei der Raupe der Bienenmotte (Galleria melonella).*

Von S. Metalnikov, Biologisch. Laboratorium zu St. Petersburg.

Die Raupe der Bienenmotte stellt ein ganz ausgezeichnetes Objekt dar für alle möglichen physiologischen Untersuchungen. Wie alle Parasiten, so zeichnen sich auch diese Insekten durch eine auffallende Widerstandsfähigkeit aus. Sie ertragen Kälte und Hitze, ernähren sich von allem, dessen sie habhaft werden. Tritt Futtermangel ein, so fressen sie die eigenen Exkremente und ihre toten Genossinnen und können bei dieser Ernährung im Verlaufe mehrerer Generationen am Leben bleiben. Eine ganz besondere Widerstandsfähigkeit legen sie jedoch in Bezug auf verschiedene Bakterien an den Tag, durch welche bei anderen Tieren und bei dem Menschen die furchtbarsten Krankheiten hervorgerufen werden.

Wie aus den Beobachtungen von Dr. Nedrigailov und den meinigen hervorgeht (Arch. de Zool. Expér. T. VIII. 1908), überstehen die Raupen der Bienenmotte Injektionen ungeheurer Mengen sehr gefährlicher Bakterien, wie derjenigen der Tuberkulose, Diphtherie, Lepra, sowie von Streptococccen u. dergl. mehr. Ich habe den Versuch angestellt, die Raupen mit Tuberkelbazillen verschiedener Art zu infizieren, und zwar mit Tuberkulose des Menschen, der Rinder, Vögel und Fische. Zu diesem Zwecke wurde eine dicke Emulsion der Bakterien in physiologischer Kochsalzlösung oder in Bouillon zubereitet. Mit Hilfe einer dünnen Glaspipette mit zugespitztem Ende saugte ich eine kleine Menge dieser Emulsion auf, von welcher ich sodann einen bis zwei Tropfen (d. h. eine Quantität, welche genügt, um ein grosses Tier zu infizieren und zu töten) in die Leibeshöhle der Raupe einspritzte. Nach Ablauf eines bestimmten Zeitraumes wurden das Blut und die Gewebe des Tieres sowohl in Ausstrichen wie auch auf Schnitten untersucht.

Wie es sich dabei herausstellte, vertragen die Raupen selbst enorme Mengen von Tuberkulose des Menschen, der Rinder und Vögel ausgezeichnet; sie fahren fort, normal zu leben, und verwandeln sich zu Puppen und Faltern. Die Tuberkelbazillen werden von den weissen Blutkörperchen und den grossen, vielkernigen, aus den Leukocyten hervorgehenden Zellen aufgenommen.

Um die grossen mehrkernigen Zellen herum bilden sich Kapseln aus Bindegewebe. Die Tuberkelbazillen selbst werden zerstört und verwandeln sich in eine dunkelbraune Masse. Der Zerstörungsprozess der Tuberkelbazillen schreitet allmählich und nicht immer mit gleicher Geschwindigkeit vor sich, was sowohl von der Rasse der Tuberkelbazillen selbst, als auch von der Temperatur abhängt, bei welcher der Versuch vorgenommen wird. Nicht selten kann man noch unzerstörte Bazillen in Kapseln auch noch in Faltern finden, welche aus infizierten Raupen hervorgegangen sind. Diese Versuche wurden von mir viele Dutzende von Malen wiederholt und stets mit dem gleichen Erfolg. Weniger widerstandsfähig erwiesen sich die Raupen dagegen in Bezug auf Fisch-tuberkulose.

Mit Fischtuberkulose infizierte Raupen gingen gewöhnlich nach 2—3 Tagen zu Grunde, wenn der Versuch bei Zimmertemperatur ausgeführt wurde (15—20° C.). Wird der gleiche Versuch aber bei einer Temperatur angestellt, welche höher ist als diejenige, bei welcher die

Raupen für gewöhnlich leben, z. B. bei 35—38°, so ist das Ergebnis ein ganz anderes. Mit Fischtuberkulose injizierte Raupen überstehen diese Krankheit bei 37° sehr gut. Indem man solche Raupen auf Schnitten untersucht, kann man mit Leichtigkeit dieselben Erscheinungen des Kampfes mit den Bazillen beobachten, wie sie bei Infektion mit menschlicher Tuberkulose zu Tage treten, d. h. das Verschlingen der Bazillen durch die Leukocyten und vielkernigen Zellen und ihre Umwandlung in eine braune Masse.

Ausser der Tuberkulose, Lepra, Diphterie wurden von mir und Dr. Nedrigailov auch noch andere pathogene Bakterien erprobt, und zwar *Bac. paratyph.*, *B. pseudodiphter.*, *B. xerosis*, *B. Friedlaenderi*, *B. botulinus*, *B. anthracis symptomat.*

Alle diese Mikroben erwiesen sich als vollständig unschädlich für die Raupen, selbst dann, wenn sie in grossen Mengen eingeführt wurden.

Als unschädlich erwiesen sich auch Trypanosomen. Ich habe Versuche mit zwei Arten von *Trypanosoma* angestellt, und zwar mit *Tr. nagana* und *Tr. durine*. Für meine Versuche verwendete ich das Blut von Meerschweinchen, welche mit diesen Parasiten infiziert worden waren. In dem Blute solcher Tiere sind für gewöhnlich ungeheure Mengen lebender, sehr beweglicher Trypanosomen zu bemerken.

Das dem Ohre des Tieres entnommene Blut des Meerschweinchens wurde sofort, bevor es noch gerinnen konnte, in die Leibeshöhle der Raupen eingeführt. Sodann entnahm ich, nach Ablauf einer bestimmten Zeit, der Leibeshöhle der Raupe mit Hilfe eines dünnen Kapillarröhrchens einen kleinen Tropfen Blutes, den ich unter dem Mikroskope untersuchte. Eine halbe, eine oder sogar zwei Stunden nach erfolgter Infektion fand ich in dem Blute der Raupen lebende, bewegliche Trypanosomen. Hierauf begannen die Parasiten rasch, fast plötzlich zu verschwinden. Es ist mir nicht gelungen festzustellen, auf welche Weise die Trypanosomen im Blute der Raupen zerstört werden. Um mich davon zu überzeugen, dass die Trypanosomen in der Tat vernichtet werden, entnahm ich den infizierten Raupen das Blut 3—4 Stunden nach erfolgter Infektion und injizierte dasselbe gesunden Meerschweinchen. Die Meerschweinchen wurden nicht angesteckt. Es ist daher klar, dass den Raupen unzweifelhaft eine Immunität in Bezug auf diese Parasiten innewohnt.

Es ist von Interesse, dass, während die Raupen eine aussergewöhnliche Immunität in Bezug auf die allergefährlichsten Bakterien aufweisen, dieselben sich durch eine wunderbare Sensibilität in Bezug auf so unschuldige Bakterien auszeichnen, wie z. B. die Heubakterie (*Bac. subtilis*).

Diese Bakterie ruft eine sehr rasche und stets mit dem Tode endigende Erkrankung bei den Raupen der Bienenmotte hervor. Es genügt, eine geringe Menge solcher Bakterien einer Raupe zu injizieren, um sehr rasch deutliche Merkmale der Erkrankung hervorzurufen (namentlich ist dies bei 37° der Fall). Die Raupe wird matt und vermag kaum mehr ihre Beine zu bewegen. Drei Stunden nach erfolgter Injektion beginnen die Raupen eine dunkle Färbung anzunehmen und gehen schliesslich rasch zu Grunde. Der Verlauf der Krankheit geht bei Zimmertemperatur langsamer vor sich.

Indem ich das Blut der mit *Bac. subtilis* infizierten Meerschweinchen nach Verlauf einer gewissen Zeit untersuchte, bemerkte ich vor allem,

dass die Zahl der Blutkörperchen rasch abnimmt. Eine andere Eigentümlichkeit, welche meine Aufmerksamkeit erregte, ist das Fehlen einer Phagocytose. Nur am Anfange kann man in seltenen Fällen im Inneren von Blutkörperchen einzelne Bakterien beobachten. Die meisten Bakterien dagegen befinden sich ausserhalb der Blutzellen.

An diesem Beispiele tritt dann noch die Abhängigkeit der Immunität von der Phagocytose ganz besonders deutlich hervor. Wo eine Phagocytose mit Zerstörung der Bakterien innerhalb der Phagocyten vor sich geht, wie dies bei der Infektion mit Tuberkulose der Fall ist, da ist eine vollkommene Immunität zu bemerken. Wo dagegen keine Phagocytose vor sich geht, da geht das Tier rasch zu Grunde.

Ausser *Bac. subtilis* erwiesen sich auch der Rotzbacillus (*Bac. morvi*) und der Rattentyphus-Bacillus (Kultur von Donnusz) als äusserst pathogen. Die mit diesen Krankheiten infizierten Raupen gingen, ebenso wie die mit *Bac. subtilis* infizierten, binnen weniger Stunden zu Grunde. Dabei wurde gleichfalls das gänzliche Fehlen einer Phagocytose oder doch nur ein sehr schwaches Auftreten derselben beobachtet.

Alle oben beschriebenen Versuche betreffen solche Bakterien, von denen die Raupen unter natürlichen Bedingungen nicht befallen werden. Diese Bakterien müssen künstlich in die Leibeshöhle eingeführt werden, damit das Tier erkrankt.

Es wäre von Interesse und in praktischer Hinsicht vielleicht nicht ohne Nutzen, solche Bakterien ausfindig zu machen, mit welchen die Raupen auch ohne experimentelle Beihilfe infiziert werden könnten.

Nicht selten habe ich in den Kulturen von Bienenmotten, welche ich in meinem Laboratorium aufzog, kranke Exemplare beobachten können. Während der letzten zwei Jahre dagegen war ich sogar Zeuge zweier starker Epidemien, an denen fast alle Exemplare meiner Bienenmotten zu Grunde gingen. Die Erkrankung beginnt meist am Vorderende des Tieres. Gewöhnlich fangen die dem Kopfe benachbarten Segmente an braun zu werden, die Beweglichkeit des Tieres nimmt ab, es legt sich auf die Seite und geht dann rasch zu Grunde.

Unter Beobachtung aller in der Bakteriologie üblichen Vorsichtsmassregeln ist es mir gelungen, aus der Leibeshöhle der erkrankten Raupen zwei Arten von Mikroorganismen zu erhalten, und zwar ein bewegliches Stäbchen und Coccen, welche der äusseren Gestalt nach etwas an Streptococcen erinnern. Beide Mikroben wachsen gut auf Bouillon und auf Gelatine. Auf festen Substraten ergeben sie runde weisse Kolonien. Als die Mikroben isoliert worden waren, versuchte ich es, die Raupen mit ihnen zu infizieren. Am meisten pathogen erwiesen sich die Stäbchen. Selbst in geringer Menge den Raupen injiziert, töteten sie dieselben im Verlaufe von 2—4 Stunden, wenn die Versuche bei 37° ausgeführt werden.

Auch die Coccen erwiesen sich als pathogen, doch tritt der Tod erst 15—20 Stunden nach erfolgter Infektion ein.

In Anbetracht dessen, dass die Bienenmotten gefährliche Feinde der Bienen darstellen, in deren Stöcken sie nicht selten beträchtliche Verwüstungen anrichten, wäre es von grossem Nutzen, solche Mikroben ausfindig zu machen, welche geeignet wären, die Raupen der Bienenmotte zu vernichten, ohne dabei dem Menschen und den Bienen gefährlich zu sein.

Diesen Umstand im Auge behaltend, versuchte ich, Raupen mit den von mir entdeckten Mikroben zu infizieren, indem ich dieselben der Nahrung beimischte, welche die Raupen fressen. Zu diesem Zwecke zerkleinerte ich Stückchen der Waben, von denen sich die Raupen nähren, benetzte sie mit der Kultur und trocknete sie sodann im Wärmekasten (die Raupen nehmen keine nasse Nahrung zu sich). Die Raupen fressen diese Mischung gerne, doch konnte ich kein einziges Mal eine Erkrankung feststellen.

Ich versuchte auch infizierte Raupen zu gesunden zu setzen, allein auch hierbei erfolgte keine Infektion. Es ist mir demnach nicht gelungen festzustellen, auf welche Art und Weise die Infektion mit dieser Krankheit in der Natur vor sich geht. Vollständig übereinstimmende Erkrankungen habe ich in meinen Kulturen von Bienenmotten mehrfach beobachtet. In den meisten Fällen nahm die Erkrankung indessen keinen epidemischen Charakter an. In den Gläsern, in denen die Raupen leben, fand ich nicht selten einzelne Individuen, welche an der gleichen Krankheit litten. Aber nur in zwei Fällen konnte ich, wie ich schon oben bemerkt habe, eine tatsächliche Epidemie beobachten, an der fast alle meine Kulturen zu Grunde gingen. Die Gründe, durch welche eine derartige Verstärkung der pathogenen Mikroben und das Auftreten einer Epidemie hervorgerufen wird, konnte ich ebensowenig feststellen, wie sie auch in Bezug auf die Mikroben, welche Krankheiten unter den Menschen und Tieren hervorrufen, bisher unbekannt geblieben sind. Aus welchem Grunde irgend eine Mikrobe, z. B. die der Cholera oder der Pest, an Stärke zunimmt und wahre Epidemien hervorrufft, um darauf allmählich schwächer zu werden und endlich ganz zu verschwinden, bleibt für uns ganz unaufgeklärt. Es ist von Interesse, dass die Krankheit der Raupen stets nicht durch eine Art von Mikrobe, sondern durch zwei derselben hervorgerufen wurde, durch Stäbchen und durch Coccen, welche ich stets zusammen im Blute der erkrankten Raupen, wie auch in aus den kranken Organismen gewonnenen Kulturen gefunden habe.

### *Das Problem der Rückkehr zum Nest der forschenden Ameise.*

Von Victor Cornetz, ingenieur civil, ehemals Assistent für Mathematik an der technischen Hochschule zu Karlsruhe.  
(Mit 5 Abbildungen.)

Mit diesem Problem habe ich mich auf dem Lande in Ain-Taya (Algérie) im Jahre 1909 zwei Monate lang, im Jahre 1910 drei Monate lang beschäftigt und zwar im Durchschnitt täglich zwei Stunden direkter Beobachtungen. Die Ergebnisse, etwa 120 Zeichnungen und Text habe ich im Dezember 1910 unter folgenden Titeln veröffentlicht:

1. Trajets de fourmis et retours au nid (33 dessins et texte).
2. Album faisant suite aux trajets de fourmis (89 dessins).
3. Texte explicatif de l'album faisant suite etc. . . . Alle drei Broschüren sind erschienen bei Institut Général Psychologique de Paris. Mémoires 1910. 14 rue de Condé. Paris.
4. Une règle de constance dans les trajets lointains de la fourmi exploratrice (Texte sans dessins). Revue des Idées. Décembre 1910. 26. Rue de Condé. Paris.

Ich beschäftigte mich selbstverständlich nur mit den flügellosen, geschlechtslosen Ameisen (Arbeiterin). Sieben Ameisenarten hatte ich